

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified hereunder：

申請 日：西元 2000 年 11 月 16 日
Application Date

申請 案 號：089124498
Application No.

申請 人：行政院國家科學委員會
Applicant(s)

局 長
Director General

陳 明 邦

發文日期：西元 2000 年 12 月 12 日
Issue Date

發文字號：08911017474
Serial No.

申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	接觸式微壓阻剪應力感測器
	英 文	A contact type micro piezoresistive shear-stress sensor
二、 發明人	姓 名 (中文)	1. 方 炎 坤 2. 朱 銘 祥 3. 何 志 傑 4. 陳 景 欣
	姓 名 (英文)	1. 2. 3. 4.
	國 籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國 4. 中華民國
	住、居所	1. 台南市安南區長和街三段38巷6號 2. 台南市北區叢興里5鄰林森路5段86巷2巷3號 3. 高雄縣旗山鎮太平里中山南街124巷9號 4. 彰化縣鹿港鎮頂厝里8鄰頂厝巷55號
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	1. 行政院國家科學委員會
	姓 名 (名稱) (英文)	1.
	國 籍	1. 中華民國
	住、居所 (事務所)	1. 台北市和平東路2段106號18樓
	代表人 姓 名 (中文)	1. 翁政義
	代表人 姓 名 (英文)	1.



申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人	姓 名 (中文)	5. 謝 明 君 6. 丁 世 汎 7. 楊 忠 憲
	姓 名 (英文)	5. 6. 7.
	國 籍	5. 中華民國 6. 中華民國 7. 中華民國
	住、居所	5. 台南市民德路115巷16號 6. 高雄縣岡山鎮前峰里4鄰前峰路69號 7. 台南縣玉井鄉望明村5鄰50-8號
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	
	姓 名 (名稱) (英文)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓 名 (中文)	
	代表人 姓 名 (英文)	



四、中文發明摘要 (發明之名稱：接觸式微壓阻剪應力感測器)

本發明係援引微機電系統 (MEMS) 技術，研製出具接觸式微壓阻剪應力感測器，並應用於膝上義肢之復健工程。其元件結構以四端點、對剪應力靈敏之 X 型壓阻 (piezoresistors) 暨一方形凸緣 (flange)，作為主要感測元件的結構；並利用有限元素法 (FEM) 分析結果來完成設計。因此，相較於傳統剪應力感測器，本發明之特點在於：第一、使用二個 X 型壓阻當感測元素，且於感測平膜 (尺寸為 $3000 \times 3000 \times 300 \mu\text{m}^3$) 正上方多了一個方形凸緣 (尺寸為 $1100 \times 1100 \times 3 \mu\text{m}^3$)，藉由其受殘肢皮膚摩擦、扯動而加強產生剪應力於感測平膜的表面；再經由佈植在平膜上表面之 X

英文發明摘要 (發明之名稱：A contact type micro piezoresistive shear-stress sensor)

In this invention, a contact type micro piezoresistive shear-stress sensor is fabricated by the micro-electro-mechanical (MEMS) technology, and its main sensing part is a 2-X shaped with a flange structure, for measuring the shear stress distribution between socket of above-knee (AK) prostheses and the soft tissue of amputee's stump. Comparing with a conventional shear stress sensor, this invention owns the following characteristics: piezo-resistivity of the monolithic silicon will be utilized to convert shear deformation of the sensor into electrical signal and a micro sensor which can measure the shear force vector acting the sensing flange.



四、中文發明摘要 (發明之名稱：接觸式微壓阻剪應力感測器)

型壓阻將訊號傳出。第二、將 X 型壓阻佈植在邊界中點與方形平膜中心之間，使其受正向壓力影響較小，而有較大之剪應力靈敏度。第三、由於所研發的剪應力感測器採用以矽為基礎之材料，可與目前之超大型積體電路(VLSI)技術相容而發展專業用途積體電路 (Application specific IC, ASIC)；或製成陣列式(Array)結構，藉超大型積體電路高科技產業技術大量生產以降低成本。

本發明之製程步驟：即(1)將清洗完成之矽晶片[採用

英文發明摘要 (發明之名稱：A contact type micro piezoresistive shear-stress sensor)

The preparation processes of this invention are described as followings: A $3000 \times 3000 \times 300 \mu\text{m}^3$ diaphragm is prepared by anisotropic wet etching of bulk silicon in KOH solution and a square flange with $1100 \times 1100 \times 3 \mu\text{m}^3$ above the sensing diaphragm is formed through surface micromachining of deposited SiO_2 thin film. With ion implantation, two X-shapes were placed at the closely middle points between mid-edge points and center of the diaphragm where less sensitivity to normal pressure and higher sensitivity to shear stress. The sensitivity of $3.6 \mu\text{V}/\text{mA-Kpa}$ for a 70Kpa full scale (FS) shear-stress range with shear-stress hysteresis errors of less than 8.9%FS has been measured in the developed shear-stress



四、中文發明摘要 (發明之名稱：接觸式微壓阻剪應力感測器)

n(100)的雙面拋光作為元件基板，電阻率為 1~4 ohm-cm，厚度為 $425 \pm 15 \mu\text{m}$]以光阻定出二個 X 型壓阻位置與圖樣，並以離子佈植方式植入硼(Boron)(能量為 14 Kev，劑量為 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$)。(2)以氫氧化鉀(KOH)化學溶液於其背面蝕刻出凹槽(cavity)結構做為感測平膜；以及於其正面射頻磁控濺鍍成長二氧化矽(SiO_2)(厚度為 $3 \mu\text{m}$)。(3)將元件與玻璃(Pyrex 7740)做陽極接合[矽基板接正電壓(DC 1000V)，7740 玻璃接負電壓、溫度為 400°C]。(4)於其感測平膜正面，以 BOE(Buffer HF)緩衝溶液，蝕刻 SiO_2 薄膜得所要凸緣圖樣及 X 型的四個端點位置。(5)將元件置入蒸著機中鍍鋁且接於 X-

英文發明摘要 (發明之名稱：A contact type micro piezoresistive shear-stress sensor)

sensor.



四、中文發明摘要 (發明之名稱：接觸式微壓阻剪應力感測器)

型四端點，完成元件接線待測。其感測在 70Kpa 的剪應力 (shear stress)範圍內，此研發元件量測所得之靈敏度為 3.6 $\mu\text{V}/\text{mA-Kpa}$ ，且其剪應力磁滯誤差小於 8.9% FS。

英文發明摘要 (發明之名稱：A contact type micro piezoresistive shear-stress sensor)



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無

五、發明說明 (1)

產業上之利用領域：

本發明係援引微機電系統(MEMS)技術，研製出具接觸式微壓阻剪應力感測器，並應用於膝上義肢之復健工程。其元件結構以四端點、對剪應力靈敏之 X 型壓阻(piezoresistors)暨一方形凸緣(flange)，作為主要感測元件的結構；其中配合有限元素法(FEM)分析結果來完成設計。

習知技術：

近年來由於意外事件頻繁，致使因傷截肢者遽增。因意外傷害導致行動困難常造成病患本身的痛苦與家人及社會的沉重負擔，而復健治療是改善此種情形的唯一方法。尤其截肢者的復健工程中，膝上義肢(Above-knee Prosthesis)之設計是重要的一環。一般而言，膝上義肢由其結構如 M. S. Ju, 等人於 *JSME International Journal*, 第 38 卷第 1 期第 78 頁至 86 頁(1995)報導可區分為：承套、人工膝關節、運動控制單元、小腿管及義足等五大部份。膝上截肢者由於喪失了膝關節因此其步行驅動力來自髖部肌肉，此一驅動力需透過義肢關節以傳至義足。但是影響病人是否接受一個義肢，其承套與殘肢界面間之接觸情況是極為重要的一個因素。



五、發明說明 (2)

正確的義肢承套形狀需考慮截肢的部分以及縫合的狀況。對於截肢穿戴者而言，其殘肢皮膚會與承套間緊密接觸，而接觸面間往往存在正向壓力(Normal Pressure)與剪應力(Shear-Stress)，這些應力分佈可能造成皮膚的磨傷或壓抑皮下的血液循環，進而降低穿戴者對其義肢的接受度及適應性。若能量測分析出這些應力分佈情形與大小，便能提供義肢師修補承套形狀的參考，如此可大幅改善截肢者穿戴義肢時的舒適度。國外學者 M. Zhang 等人於 *Medical Eng. Phy.*，第 18 卷第 3 期第 207 頁至 214 頁(1996)報導已利用三維之有限元素模型(FEM)來研究膝下義肢承套與殘肢皮膚間之摩擦係數的重要性，並利用實驗量測出接觸面間的壓力，他們發現摩擦係數值愈大隨即產生更大之剪應力，則愈有可能造成殘肢皮膚的傷害。對於膝上型義肢而言，M. Zhang 等人於 *IEEE Trans. on Rehabilitation Eng.*，第 4 卷第 4 期第 337 頁至 346 頁(1996)報導僅使用二維之有限元素模型來探討接觸面間之摩擦係數的角色，他們亦推論摩擦係數值較小可減低膝上截肢穿戴者的灼痛，且建議適當的摩擦係數值可避免義肢滑動亦不會造成太大的剪應力，但並沒有進行實驗驗證。

目前臨床上義肢師多半藉助經驗來製作承套，為了改善義肢



五、發明說明 (3)

穿戴者的舒適度有必要研製適當的感測器，利用實驗方式量取義肢穿戴者在步行過程中，承套與殘肢面間因承受正向壓力與剪力所造成的應力、應變分佈以提高承套設計的水準。

發明欲解決的課題：

目前，大致可將流場微剪應力感測器分成直接與間接量測兩種類型。比較此兩種類型之剪應力感測器：熱剪應力感測器在結構上較簡單、容易製造且結構亦較強健，然而在校正上極為不易，又需考量加熱與存在流體等問題，故系統要在承套與殘肢皮膚間建立很困難；而漂浮元素剪應力感測器可提供準確之動態校正，但在測量剪應力時較困難且因漂浮元素之結構致使此類感測器較不強健，同樣因義肢無流體存在，故不適合用於義肢承套上。

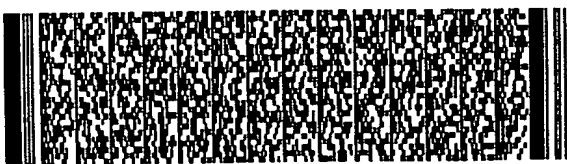
對於膝上截肢者而言，除了正向壓力外，剪應力在殘肢的某些部位可能造成疼痛或灼熱。截至目前為止，國內並無任何剪應力感測器且應用於膝上義肢之研究；至於，國外學者大多將其應用於量測流場中的剪應力，因此著重於高靈敏度且量測範圍只能達到幾個帕(Pa)，故並不適合用於量測 承



五、發明說明 (4)

套與殘肢皮膚間的剪應力。又由 M. Zhang 等人於 *IEEE Trans. on Rehabilitation Eng.*, 第 4 卷第 4 期第 337 頁至 346 頁 (1996) 文獻可知，義肢穿戴者在站立期時，其殘肢皮膚與承套間會有一最大正向壓力 320K(Pa)，所以在設計時需考量當剪應力感測器在工作時，若同時有一正向壓力 320K(Pa) 施加於感測平膜上，則其所造成之誤差要在可容許的範圍內，也就是希望經由 X 型壓阻所量得之訊號幾乎都是由待測剪應力所造成。同時，為了求得更精準之實驗數據，有必要設計一接觸式微壓阻剪應力感測器，不但可承受 320K(Pa) 之正向壓力，且可量測承套與殘肢皮膚間的剪應力；同時並以陣列方式排置於殘肢表面來量測其剪應力、壓力等多項分佈，及在動態下之變化。

同時，對於膝上義肢之實際應用而言，其殘肢皮膚會與義肢承套間將緊密接觸，而其接觸面間除了正向壓力之外，剪應力也是影響截肢穿戴者對其義肢之接受度及適應性的一個重要因素。殘肢皮膚與承套間之摩擦係數越大隨即產生更大之剪應力，則越有可能造成殘肢皮膚的傷害；而摩擦係數較小可減低膝上截肢穿戴者的灼痛，因此適當的摩擦係數可



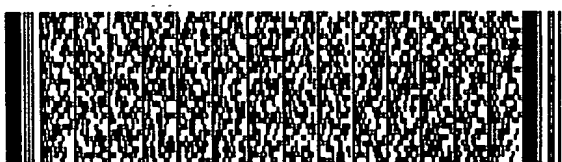
五、發明說明 (5)

避免義肢滑動亦不會造成太大的剪應力。故於膝上義肢之復健工程中，除了垂直壓力感測之外，吾人亟需研製一剪應力感測器，用以量測殘肢皮膚與承套間，因為壓力與剪力所造成的應力分佈情形與大小，以作為義肢師修補承套形狀時的參考。

發明有關之先前技術：

國內已有本發明人 Jyh-Jier Ho 等人於 *International J. of Electronics* 報導曾經進行膝上義肢垂直壓力感測器之研究，成效斐然；在剪應力感測器研究中，國外學者大多將其應用於量測流場中的剪應力，因此著重於高靈敏度且量測範圍只能達到幾個帕(Pa)，故並不適合用於量測承套與殘肢皮膚間的剪應力。

目前，大致可將流場微剪應力感測器分成直接與間接量測兩種類型。在間接量測類型中，Chang Liu. 等人於 *J. of MEMS*, 第 8 卷第 1 期第 90 頁至 99 頁 (1999) 報導微型熱剪應力感測器最具代表，它的工作原理為：感測器上沈積的多晶矽細長片作加熱的元件，一旦流體流經此感測器便會從加熱元件 帶



五、發明說明 (6)

走部分熱量，這傳至流體的熱量即可由感測器量取，再由此熱量進一步推算而得剪應力值；在直接量測類型中，可依感測訊號方式不同而再細分為 Tao Pan 等人於 *AIAA Journal* 第 37 卷第 1 期第 66 頁至 72 頁(1999)報導之電容式，A.P. Neukermans 等人於美國專利 (US patent) 第 6,044,705 號(2000)之壓電式，A.D. Kurtz 等人於美國專利第 4,442,717 號(1984)，或是 Javad Shajii 等人於 *J. of MEMS*, 第 1 卷第 2 期第 89 頁至 94 頁(1992)報導之壓阻式，與 X. Chen 等人於美國專利第 6,040,900 號(2000)，或是 A. Padmanabhan 等人於 *Transducers' 97* 第 137 頁至 140 頁 (1997). 報導之光學式四種，但其都有相似的微結構——漂浮元素(Floating element)，當流體流經此類感測器時便會因剪應力而使漂浮元素產生側向位移，再依不同感測方式將電子訊號取得，且此訊號與流場剪應力成線性關係，如光學式，漂浮元素產生側向位移，進而讓閘門下方之光二極體接收到不同量的投射光，隨之光二極體便產生不同的電流，此電流直接線性於剪應力值。

比較以上兩種類型之剪應力感測器：熱剪應力感測器在



五、發明說明 (7)

結構上較簡單、容易製造且結構亦較強健，然而在校正上極為不易，又需考量加熱與存在流體等問題，故系統要在承套與殘肢皮膚間建立很困難；而漂浮元素剪應力感測器可提供準確之動態校正，但在測量剪應力時較困難且因漂浮元素之結構致使此類感測器較不強健，同樣因義肢無流體存在，故不適合用於義肢承套上。

發明目的與技術內容之說明：

為了改善上述傳統感測元件之缺點，以及達其高效率之目標。本發明人等即根據有限元素分析模擬所得結果，應用微機電系統技術中的矽基微機械加工技術，研製出一可用來量測承套與殘肢皮膚間之剪應力的新型接觸式(Contact-type)微壓阻剪應力感測器，也是使用 X 型壓阻當感測元素，結構類似 Jyh-Jier Ho 等人於 *International J. of Electronics* 報導已製得的 X 型壓阻壓力感測器，不同之處如圖 2 所示在於感測平膜正上方多了一個方形凸緣(Flange, 1)，主要是希望藉由其受殘肢皮膚摩擦、扯動而加強產生剪應力於感測平膜的表面，再經由佈植在平膜(3)上表面之 X 型壓阻(5)將訊號傳出；且感測平膜厚度亦為 X 型壓阻壓力感測器的三倍，



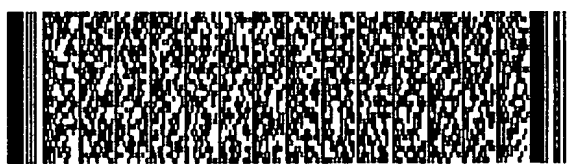
五、發明說明 (8)

以使接觸式剪應力感測器置於殘肢面時，受正向壓力的影響較小，藉此提高量測的準確性。

因此，相較於傳統剪應力感測器，本發明之特點在於：

第一、使用二個 X 型壓阻當感測元素，且於感測平膜(尺寸為 $3000 \times 3000 \times 300 \mu\text{m}^3$)正上方多了一個方形凸緣(尺寸為 $1100 \times 1100 \times 3 \mu\text{m}^3$)，主要是希望藉由其受殘肢皮膚摩擦、扯動而加強產生剪應力於感測平膜的表面，再經由佈植在平膜上表面之 X 型壓阻將訊號傳出。第二、將 X 型壓阻佈植在邊界中點與方形平膜中心之間，使其受正向壓力影響較小，而有較大之剪應力靈敏度。第三、由於所研發的剪應力感測器採用以矽為基礎之材料，可與目前之超大型積體電路(VLSI)技術相容而發展專業用途積體電路 (Application specific IC, ASIC)；或製成陣列式(Array)結構，藉超大型積體電路高科技產業技術大量生產以降低成本。

本發明具有接觸式微壓阻剪應力感測器，其係包括以二個 X 型壓阻暨一凸緣形式作為元件的主要感測部份。該主要感測部份之垂直結構組成，由下而上分別為：



五、發明說明 (9)

- 矽(Si)基板；其係為具高摻雜半導體之壓阻材料；
- 感應平膜：其形成於上述 Si 基板之既定位置上，其係採用蝕刻凹槽結構；
- 保護薄膜：其係為二氧化矽(SiO_2)、氮化矽(Si_3N_4)等之半導體保護薄膜材料；形成於上述感應平膜之上；
- 凸緣：其係與上述保護薄膜之相同材料；其係形成於上述保護薄膜之既定位置上，並利用蝕刻技術完成之，用以做為剪應力感測元件。

製作程序內容如下：請參閱圖 3 所示之步驟流程

- (a)首先以 N 型(100)方向的雙面拋光矽，其電阻率為 1~4 (ohm-cm)，厚度為 425 ± 15 (μm)，作為基板(11)，俟進行清洗後即以光阻(12)定出二個 X 型壓阻(5)位置與圖樣；並以離子佈植(13)方式植入硼(Boron)能量為 14 Kev，劑量為 2×10^{15} (cm^2)。
- (b)以光阻定義出欲蝕刻之凹槽區域；且利用射頻磁控濺鍍機(Sputter)成長氮化矽(Si_3N_4)並將光阻上之氮化矽舉離。

五、發明說明 (10)

(c) 浸入氫氧化鉀(KOH)溶液中蝕刻 4.5 小時，溫度控制在 70℃，蝕刻完，將其浸泡於 $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}=1:10$ 的溶液中，以除去氟化矽。

(d) 以射頻磁控濺鍍機成長二氧化矽(SiO_2)，厚度為 $3\mu\text{m}$ ，成長溫度為 400℃。

(e) 將元件與玻璃(Pyrex 7740)做陽極接合；矽基板接正電壓，7740 玻璃接負電壓，輸入 DC 電壓 1000V，溫度為 400℃。

(f) 上光阻定出凸緣位置與圖樣。

(g) 浸泡於氟化氫緩衝液(Buffer HF, BOE)溶液，蝕刻二氧化矽薄膜得所要凸緣(flange)。

(h) 浸泡於氟化氫緩衝液(BOE)溶液，蝕刻二氧化矽薄膜，開窗至矽基板表面上之 X 型壓阻的四個端點位置；接線完成之元件，作剪應力測試。

製備主要感測器凹槽結構，可由化學蝕刻溶液或物理蝕刻技術形成。

本發明之特點與功效



五、發明說明 (11)

本發明人等所研發之接觸式微壓阻剪應力感測器元件，具有下列之特點：

- (1) 使用二個 X 型壓阻當感測元素，且於尺寸為 $3000 \times 3000 \times 300 \mu\text{m}^3$ 之感測平膜正上方多了一個尺寸為 $1100 \times 1100 \times 3 \mu\text{m}^3$ 之方形凸緣，主要是希望藉由其受殘肢皮膚摩擦、扯動而加強產生剪應力於感測平膜的表面，期以量測分析其實際剪應力大小值；再經由佈植在平膜上表面之 X 型壓阻將訊號傳出。
- (2) 將 X 型壓阻佈植在邊界中點與方形平膜中心之間，使其受正向壓力影響較小，而有較大之剪應力靈敏度。
- (3) 由於所研發的剪應力感測器採用以矽為基礎之材料，可與目前之超大型積體電路(VLSI)技術相容而發展專業用途積體電路(Application specific IC, ASIC)；或製成陣列式(Array)結構，藉超大型積體電路高科技產業技術大量生產以降低成本。

依上述之特點且經實驗結果顯示，本發明具有下列之功效：



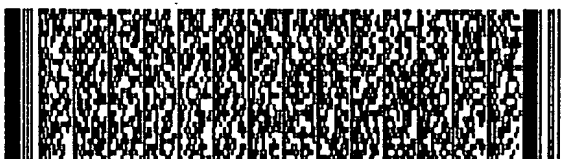
五、發明說明 (12)

- (1) 本發明元件具有 $3.6 \text{ uv} / \text{mA-Kpa}$ 不錯的剪應力靈敏度，且幾乎不受正向壓力的影響。
- (2) 本剪應力感測器元件之磁滯現象，其剪應力磁滯誤差小於 $8.9 \%FS$ ，重複性尚能接受。
- (3) 本發明元件與溫度的關係為近乎線性，可知剪應力感測器會有較大的偏移電壓；而平膜愈厚，受熱應力所導致的變形量愈小，加上剪應力感測器之 X 型壓阻佈植的位置是在有效應力較小處，因此和壓力感測器比起來，溫度靈敏度自然較小。

實施例：

為充份說明本發明之新穎、進步與實用性及製程技術特徵和內容，以下特舉最佳實施例來說明之：即具接觸式微壓阻剪應力感測器為例。

圖 1 為本發明元件之有限元素分析平膜承受 640Kpa 正向壓力後之有效應力分佈圖，圖中從紅色至藍色分佈表示有效應力由最大值分佈至最小值，最大有效應力出現在方形平膜四邊中點附近，而最小有效應力發生在方形區域四個角附近；圖



五、發明說明 (13)

中顯示最大主應力發生在方形平膜四邊中點附近且其方向與邊緣垂直。故剪應力感測器 X 型之最佳位置便是在平膜的四邊中點附近。

圖 2 為本發明感測器之立體結構圖，圖 3 為製程示意步驟；由圖中可知，將矽(Si)壓阻材料、含凸緣二氧化矽(SiO_2)、7740 玻璃與鋁(Al)電極分別成長在單晶矽基板上。其作用區大小為 $3000 \times 3000 \text{ } \mu\text{m}^2$ ，平膜厚度為 $300 \text{ } \mu\text{m}$ ，二氧化矽方形凸緣(Flange)尺寸為 $1100 \times 1100 \times 3 \text{ } \mu\text{m}^3$ 。

如圖 4 所示為本發明元件研製流程之 SEM 圖照：(a) 正面俯視圖；(b) 剪應力感測器所蝕刻出凹槽的剖面；(c) 剪應力感測器所蝕刻出凹槽的背面。

如圖 5 所示為本案元件之感測量測系統，主要是由定電流源(31)、RC 低通濾波電路(32)、緩衝放大器(33)及 A/D 轉換器(34)所構成。定電流源及 $\mu 741 \text{ OP Amp.}$ 所需之 $\pm 12\text{V}$ 電壓由電源供應器提供，使其流經 X 型壓電阻(5)其中一臂之電流值維持在 5 mA ；量測時，以壓電致動器(PZT)施平面剪力於感測器的方形凸緣上，再除以其接觸面積，即可算出作用區所受的剪應力值。



五、發明說明 (14)

如圖 6 所示為本發明元件具有不錯的剪應力靈敏度(為 $3.6 \text{ uv} / \text{mA-Kpa}$)，且幾乎不受正向壓力的影響。

如圖 7 所示為在剪應力感測器平膜上靠近二氧化矽(SiO_2)凸緣的兩個 X 型壓阻，其輸出響應和所施的剪應力大小及方向有關。因此，藉由兩個 X 型所量得的輸出訊號，除了可以推算所施的剪應力大小外，尚可經由兩個 X 型相對位置與輸出訊號相對大小的關係，來判斷在感測器平膜四分之一象限的平面上，所施加的剪應力方向。此圖亦顯示了直接承受剪應力之 X 型壓阻的響應靈敏度約為另一個 X 型壓阻的兩倍，符合設計之預期。

圖 8 顯示本剪應力感測器元件之磁滯現象，其剪應力磁滯誤差小於 $8.9 \% \text{FS}$ ，重複性尚能接受。



圖式簡單說明

圖示說明

圖 1 有限元素分析平膜承受 640Kpa 正向壓力後之有效應力分佈圖

圖 2 本發明接觸式微壓阻剪應力感測器示意圖

(a)立體圖

(b)俯視圖

(c)正視圖

圖 3 本發明的具接觸式微壓阻剪應力感測器之製程步驟示意圖

圖 4 本案所研製主要元件流程之 SEM 圖照

(a)正面俯視圖

(b)剪應力感測器所蝕刻出凹槽的剖面

(c)剪應力感測器所蝕刻出凹槽的背面

圖 5 本案接觸式微壓阻剪應力元件之感測量測系統

圖 6 剪應力感測器之正向壓力及剪應力與輸出電壓的關係

●剪應力 (Shear-stress)

○正向壓力 (Normal-pressure)

圖 7 不同大小方向之平面剪應力對剪應力感測器輸出電壓的影響



圖式簡單說明

— —x 轉換器 1 (x ducer 1)

—○—x 轉換器 2 (x ducer 2)

(a) x 軸方向之平面剪應力

(b) 45° 方向之平面剪應力

(c) y 軸方向之平面剪應力

圖 8 剪應力感測器元件之磁滯現象

—●— 向前(forward)

..○.. 反轉(reverse)

圖號說明

1... 凸緣(Flange)

2... 二氧化矽(SiO_2)

3... 平膜(Diaphragm)

4... 金屬線(Metal line)

5... X 型壓阻

6... 鋁電極(Al electrode)

7... 玻璃(Pyrex 7740)

8... 金箔(Au pad)

9... 金屬接線(Wire bonding)



圖式簡單說明

- 10.. 陶磁基板(Ceramic sub.)
- 11...矽基板(Si substrate)
- 12...光阻(Photo resist)
- 13...離子佈植(Boron Ion Imp.)
- 14...凹槽(Cavity)
- 15...氮化矽(Si_3N_4)
- 30...電源供應器(Power supply)
- 31...定電流源(Constant current source)
- 32... RC 低通濾波電路(RC LPF)
- 33... 緩衝放大器(Buffer amplification circuit)
- 34... A/D 轉換器(Computer with an A/D converter)



六、申請專利範圍

1、一種具有接觸式微壓阻剪應力感測器，包括以二個 X 型壓阻暨一凸緣形式作為元件的主要感測部份。

2、如申請專利範圍 第 1 項之接觸式微壓阻剪應力感測器

，其主要感測之垂直結構組成，由下而上分別為：

— 矽(Si)基板；

— 感應平膜：其形成於上述 Si 基板之既定位置上，其係採用蝕刻凹槽結構；

— 保護薄膜：其係形成於上述感應平膜之上；

— 凸緣：其係形成於上述保護薄膜之既定位置上，並利用蝕刻技術完成之，用以做為剪應力感測元件。

3、如申請專利範圍第 1 項之接觸式微壓阻剪應力感測器

，其主要感測之材料組成，由下而上分別為：

— 矽(Si)基板：其係為具高摻雜半導體之壓阻材料；

— 保護薄膜：其係為二氧化矽(SiO_2)、氮化矽(Si_3N_4)



六、申請專利範圍

等之半導體保護薄膜材料；

— 凸緣：其係與上述保護薄膜之相同材料。

4、如申請專利範圍第 1 項之接觸式微壓阻剪應力感測器

，其主要感測之凹槽結構係由化學蝕刻溶液或物理蝕刻技術所形成。

5、如申請專利範圍第 1 項之接觸式微壓阻剪應力感測器

，其凸緣結構之形成技術，包括浸泡於 BOE (Buffer HF) 緩衝溶液中，即 $\text{HF}:\text{H}_2\text{O} = 1:10$ 之濃度；並作圖樣蝕刻等半導體製程，其凸緣結構則包含所有形狀及大小。



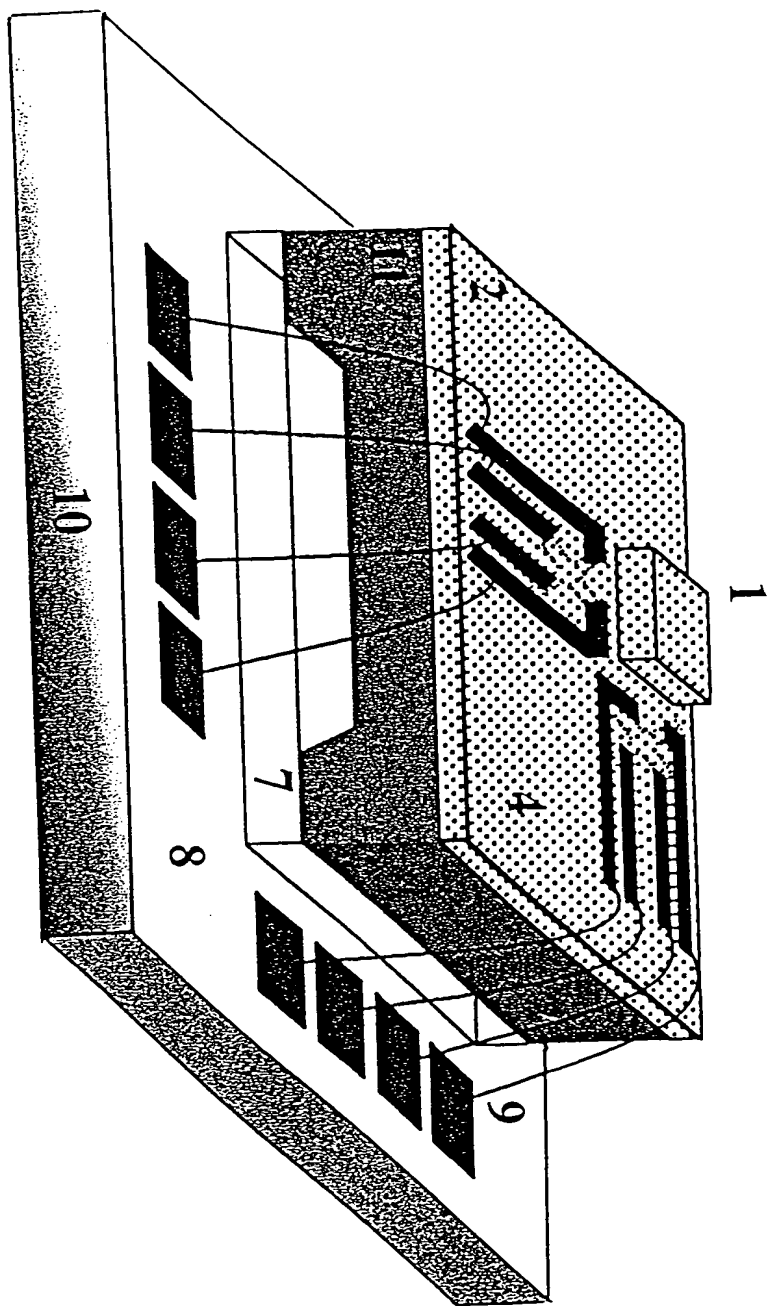
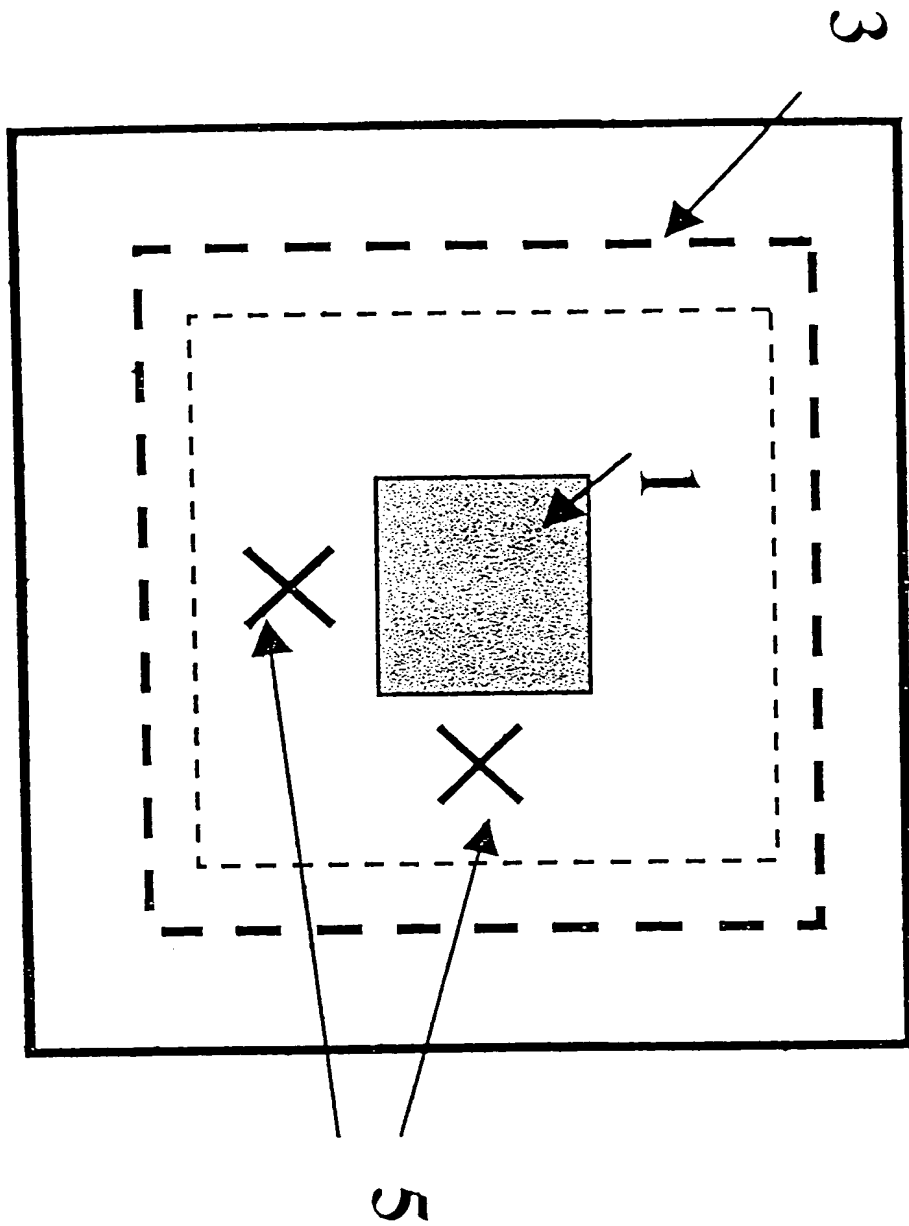


圖 2 (a)

圖 2 (b)



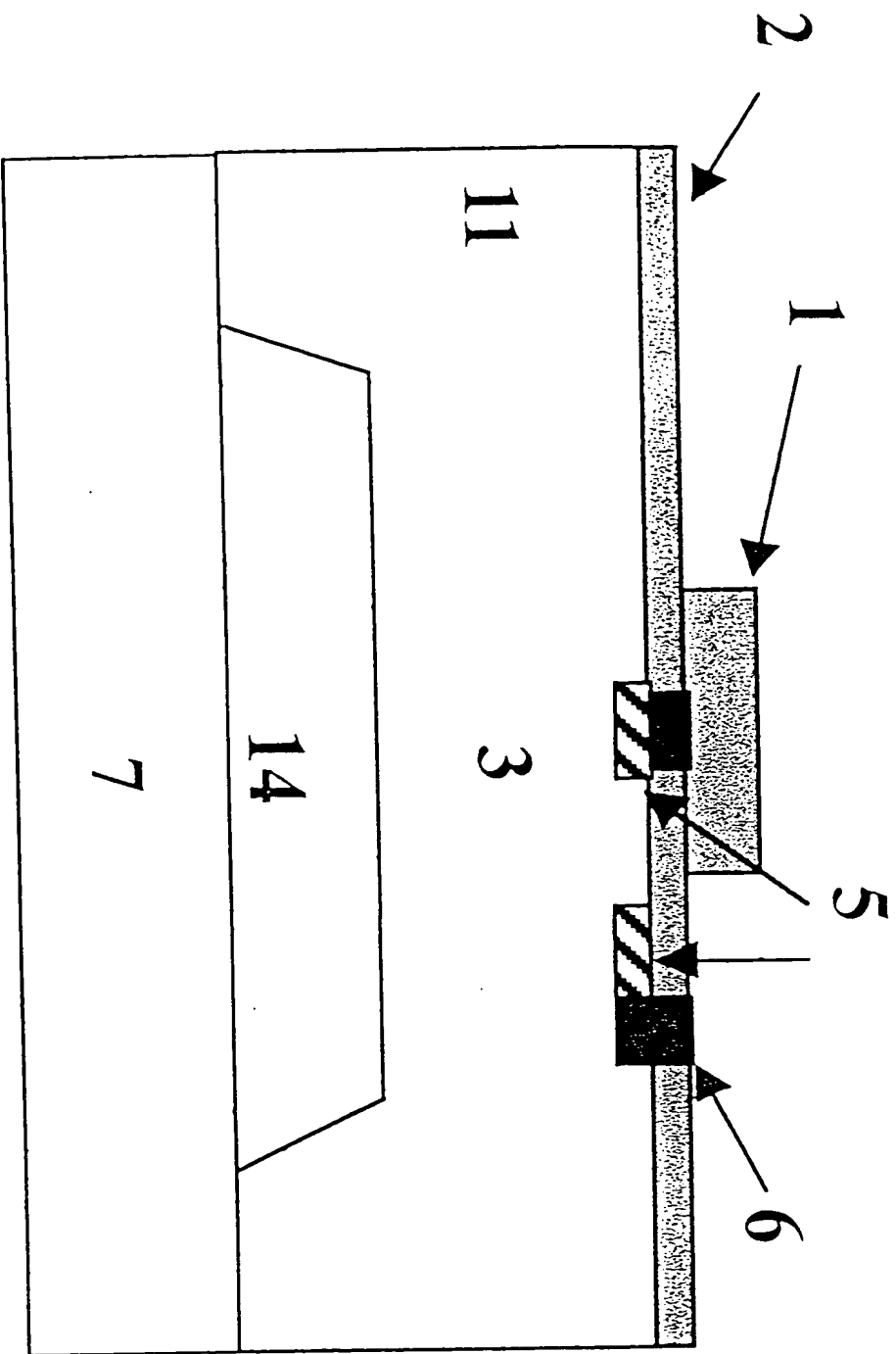


圖 2 (c)

圖式

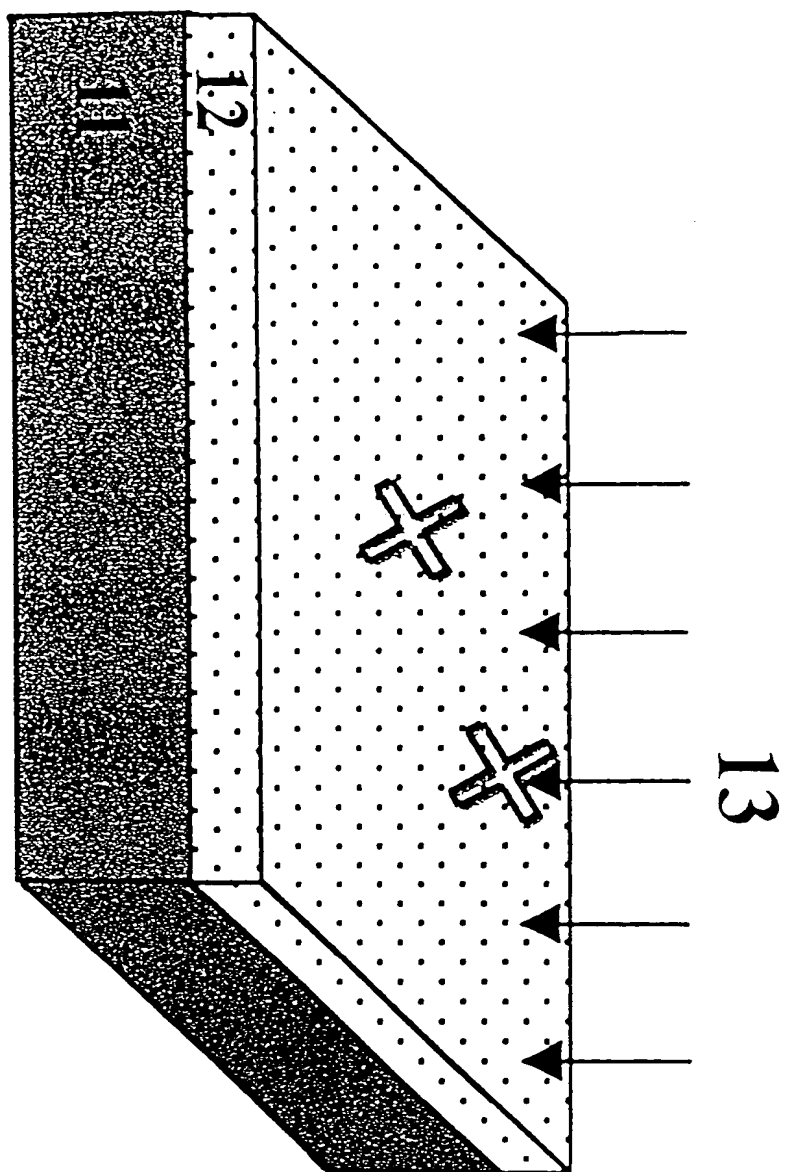


圖 3 (a)

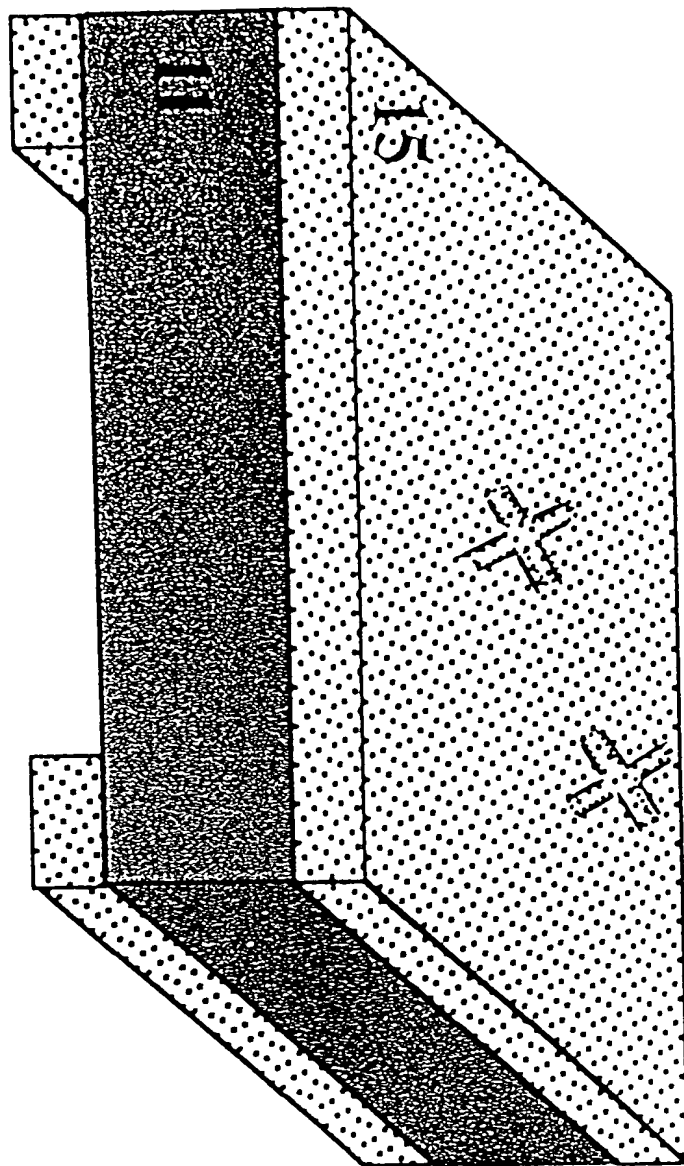


圖 3 (b)

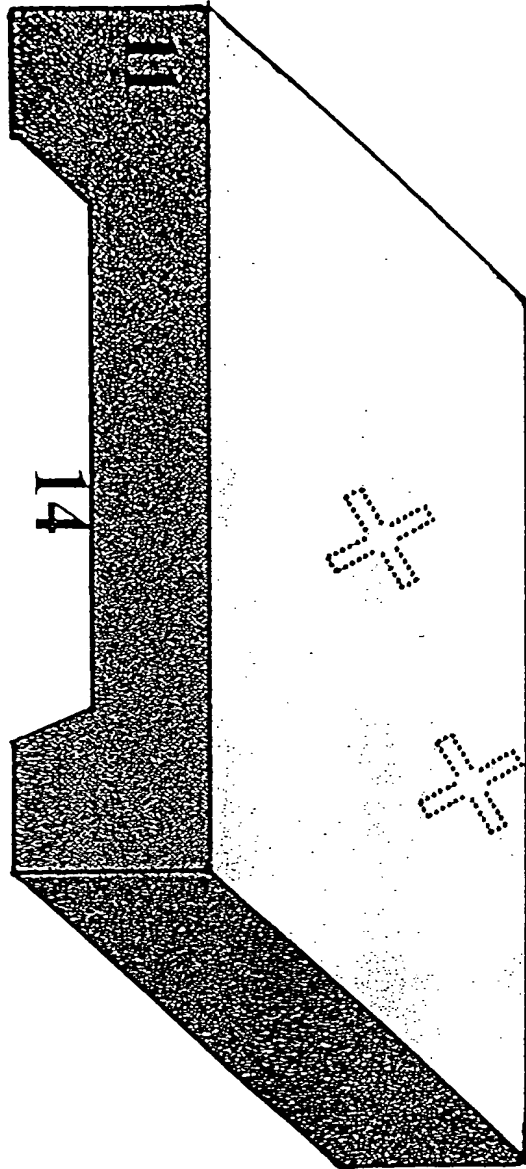
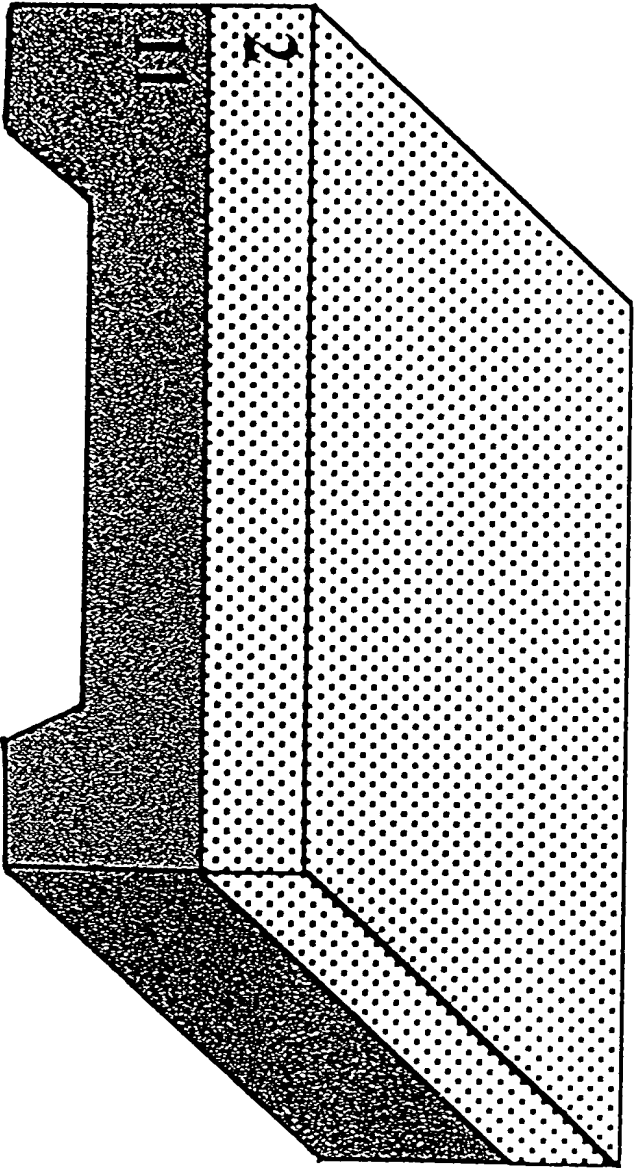


圖 3 (c)

圖 3 (d)



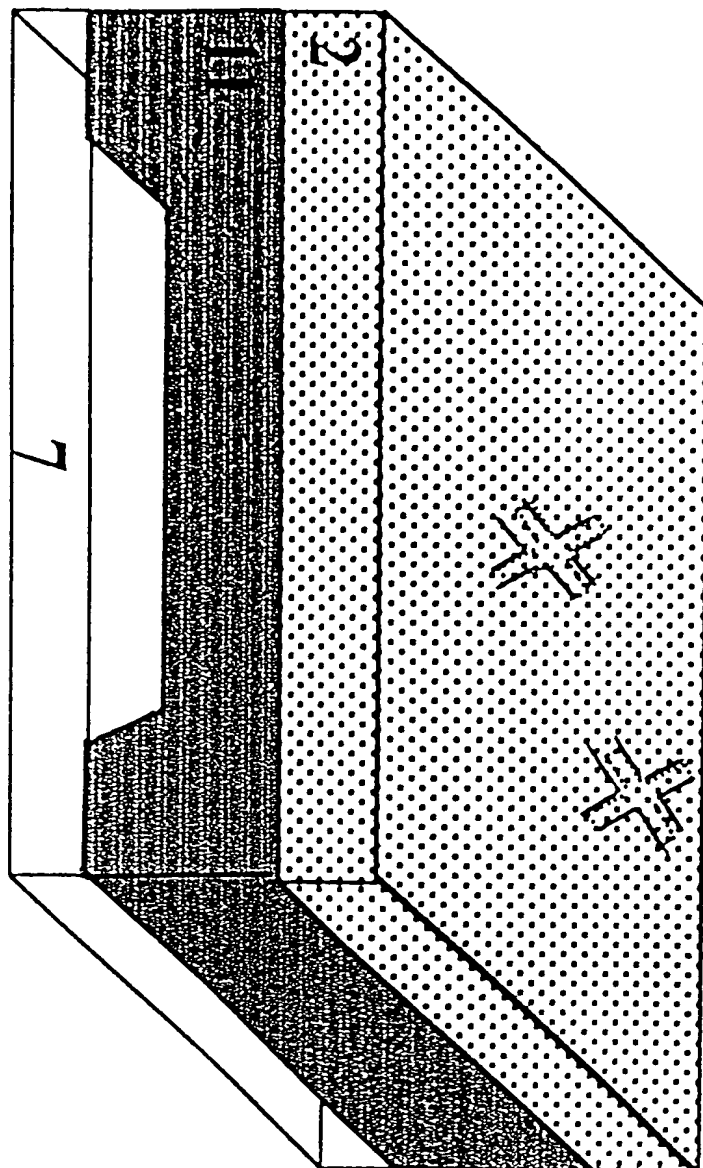


圖 3 (e)

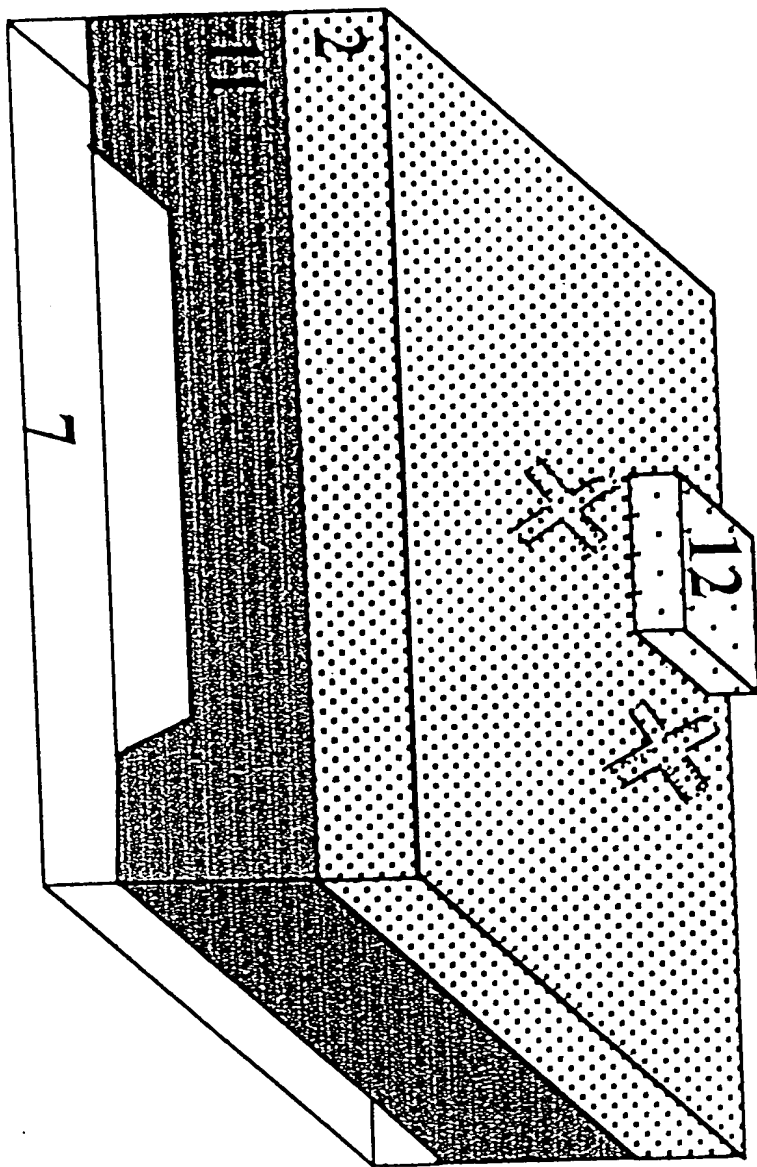


圖 3 (f)

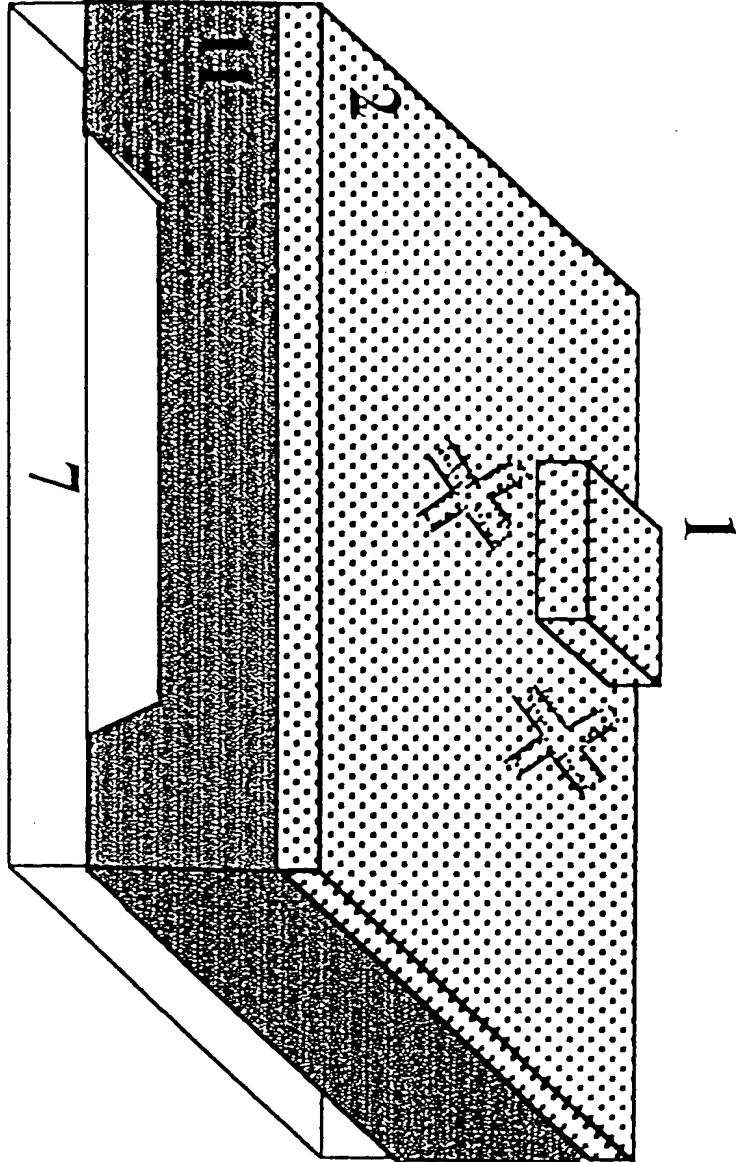


圖 3 (a)

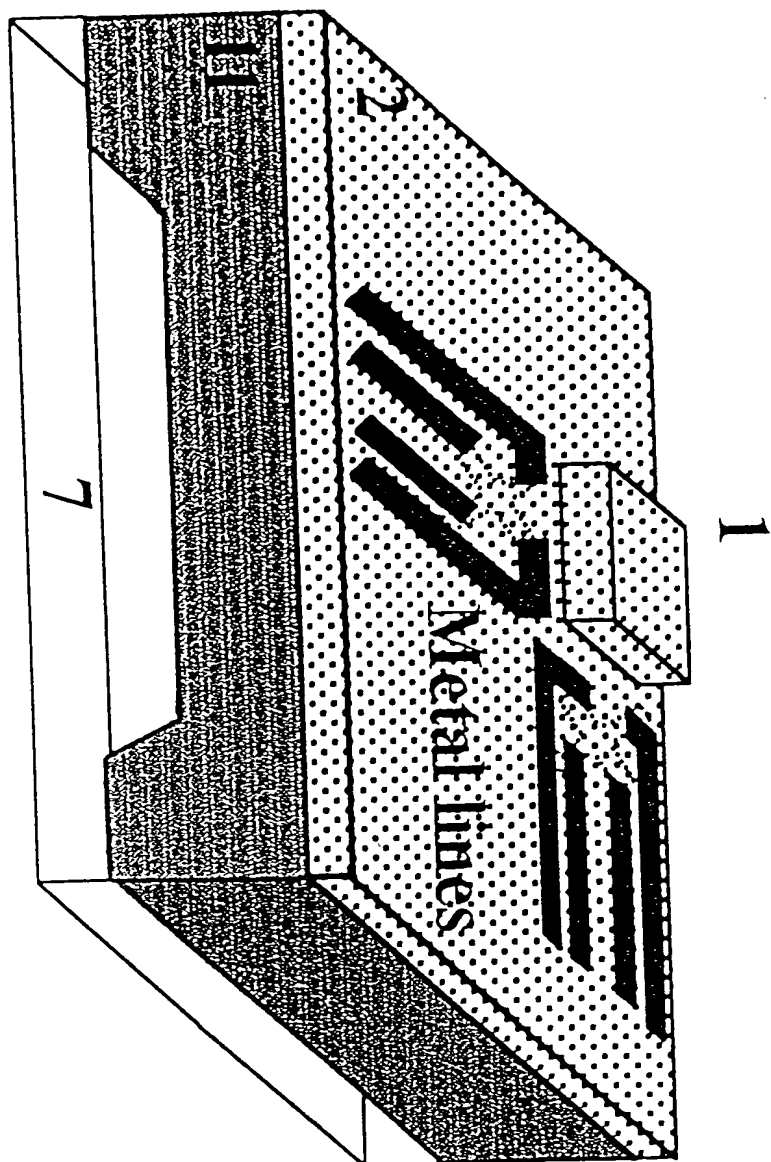


圖 3 (h)

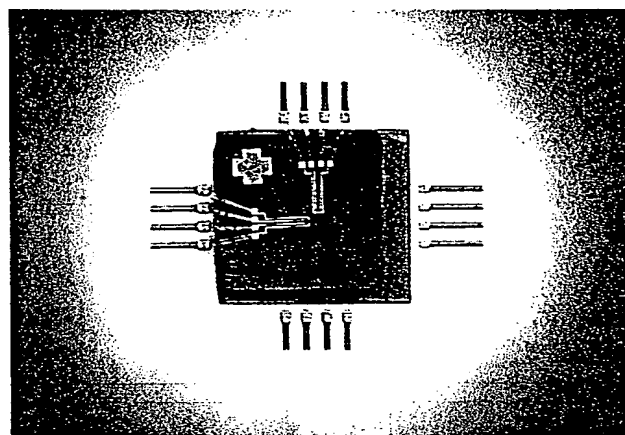


圖 4 (a)

圖式

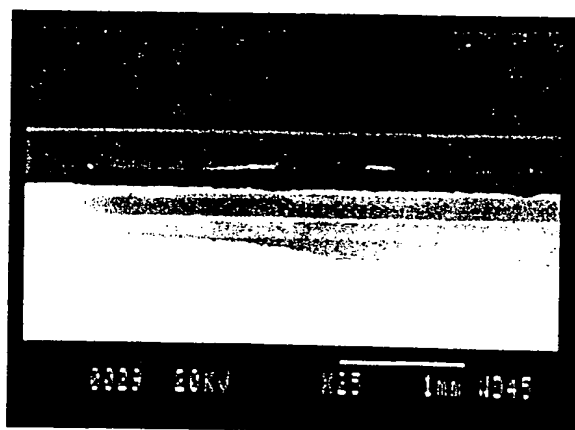


圖 4 (b)

圖式

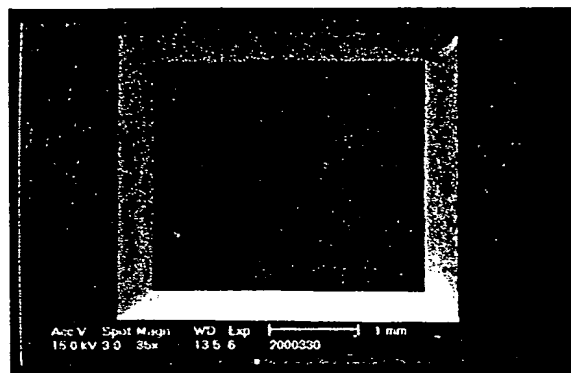


圖 4 (c)

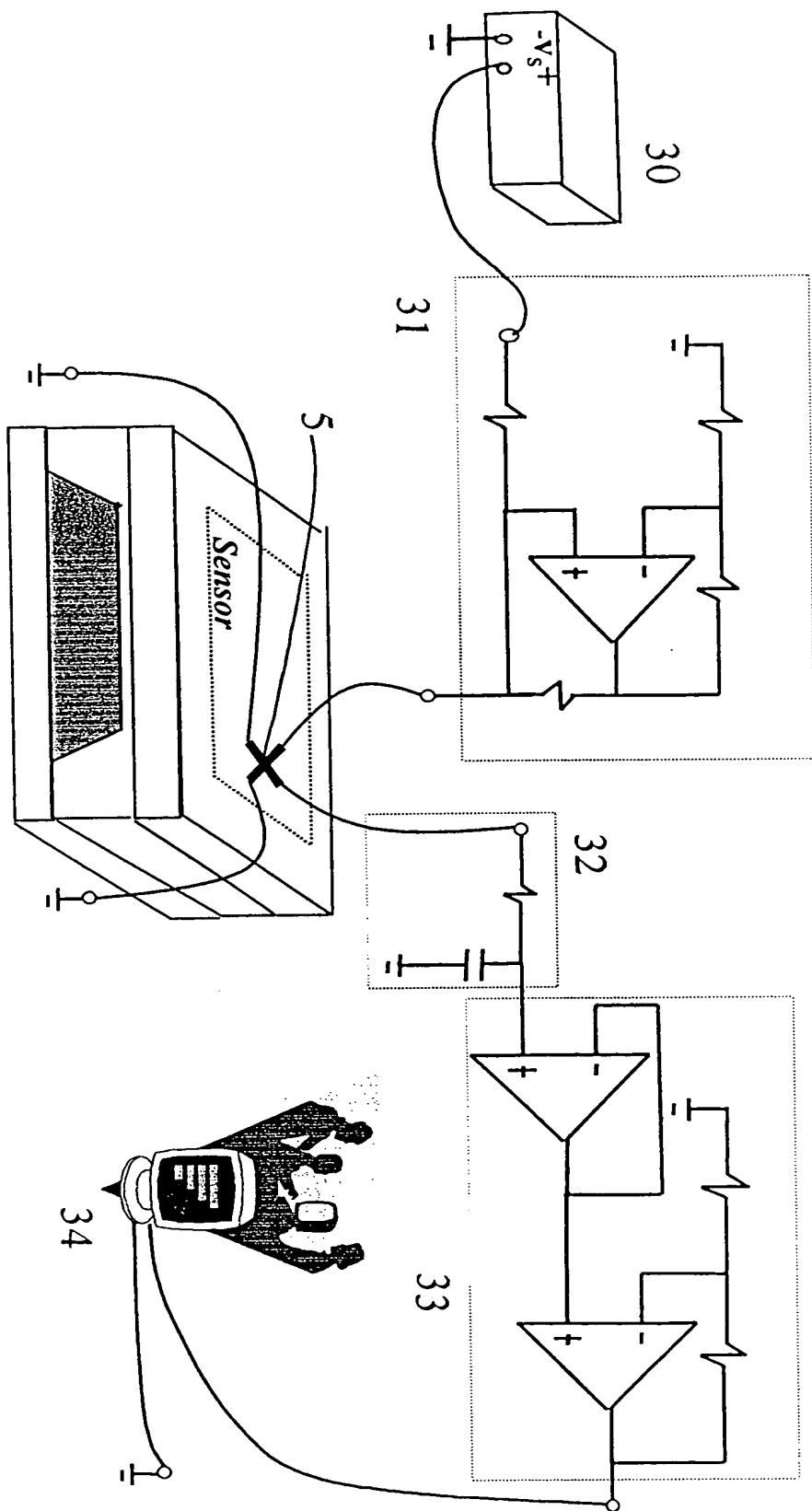


圖 5

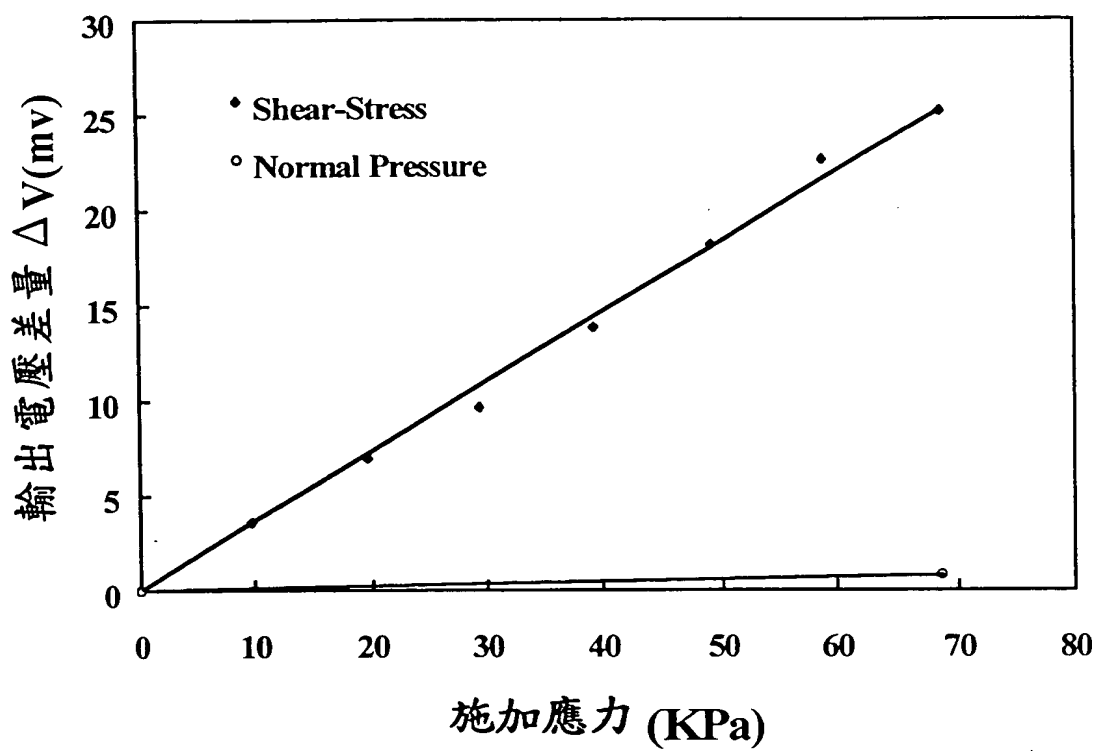


圖6

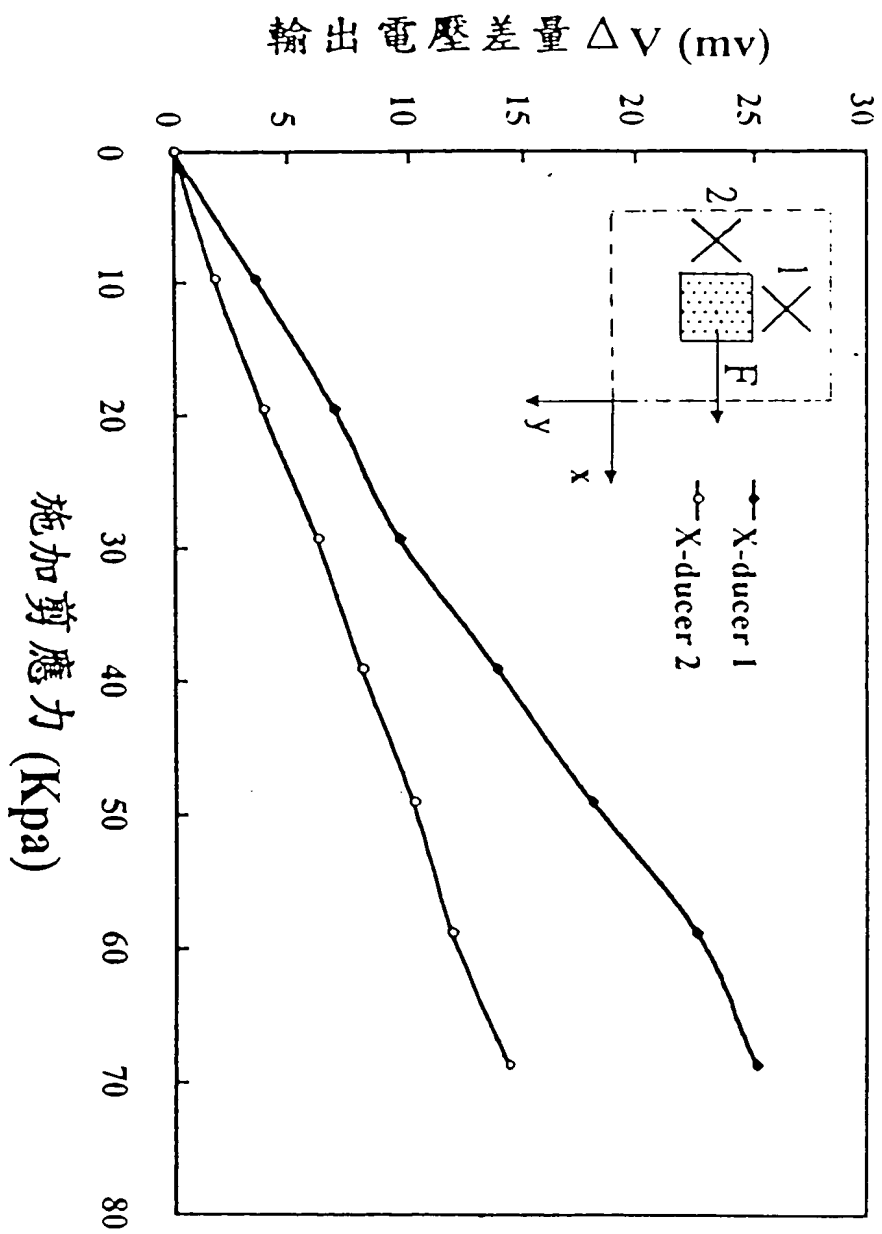


圖 7 (a)

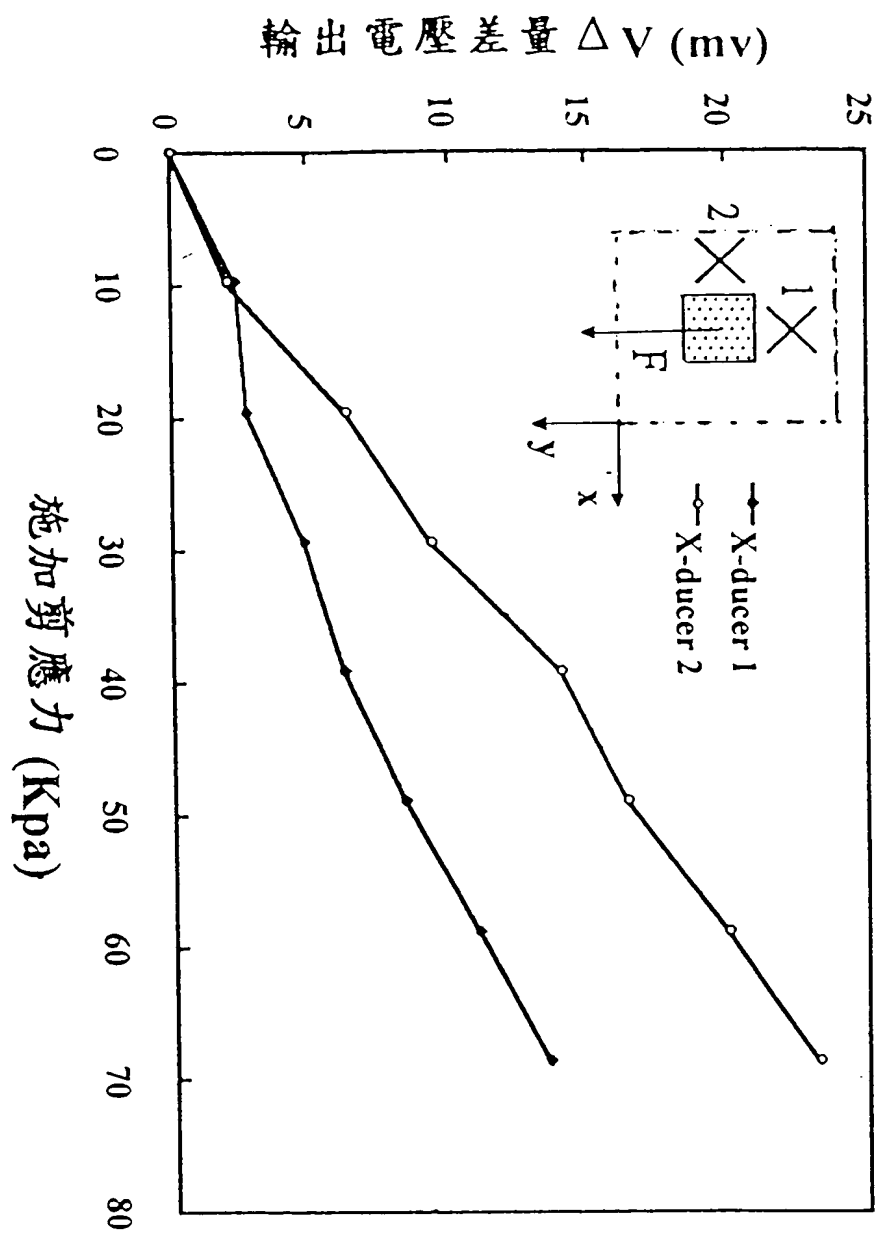


圖 7 (b)

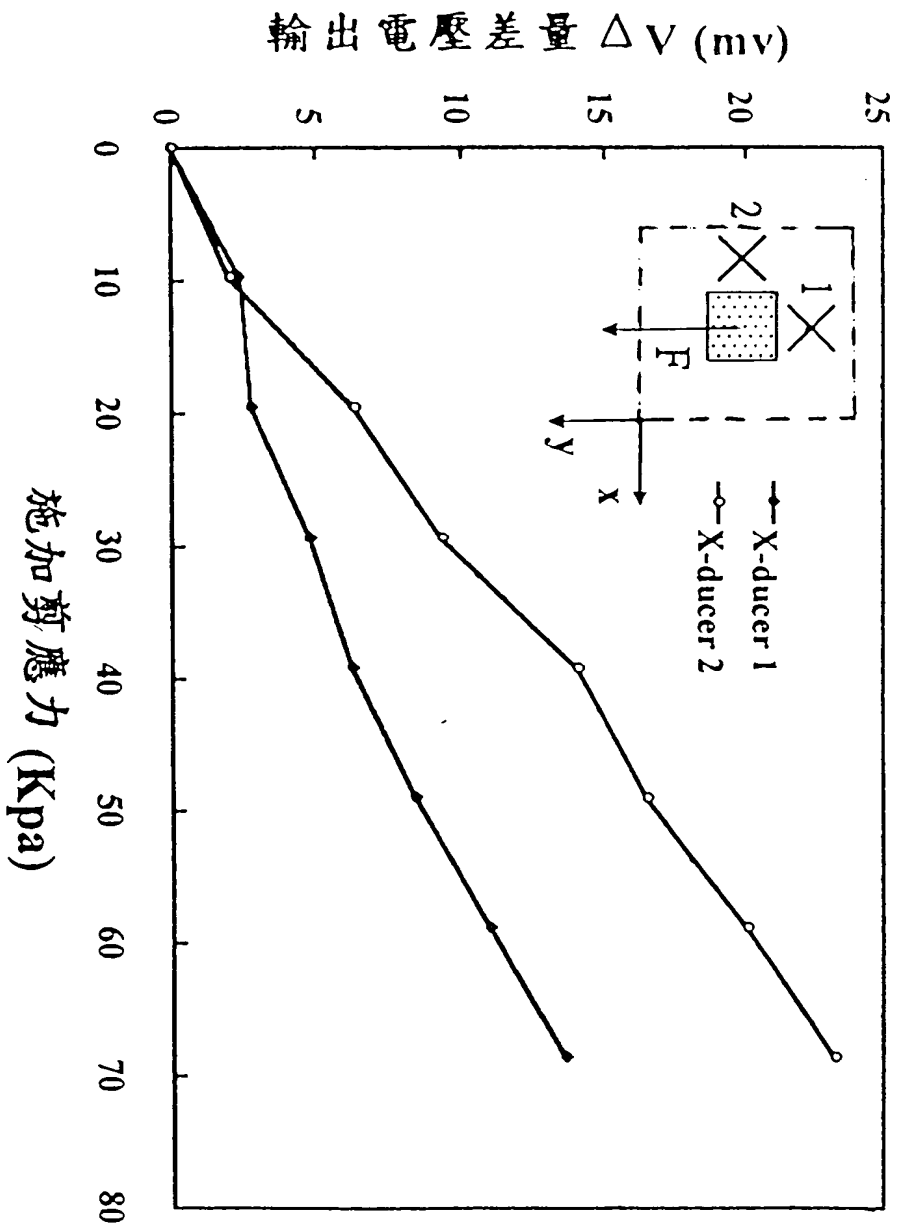


圖 7 (c)

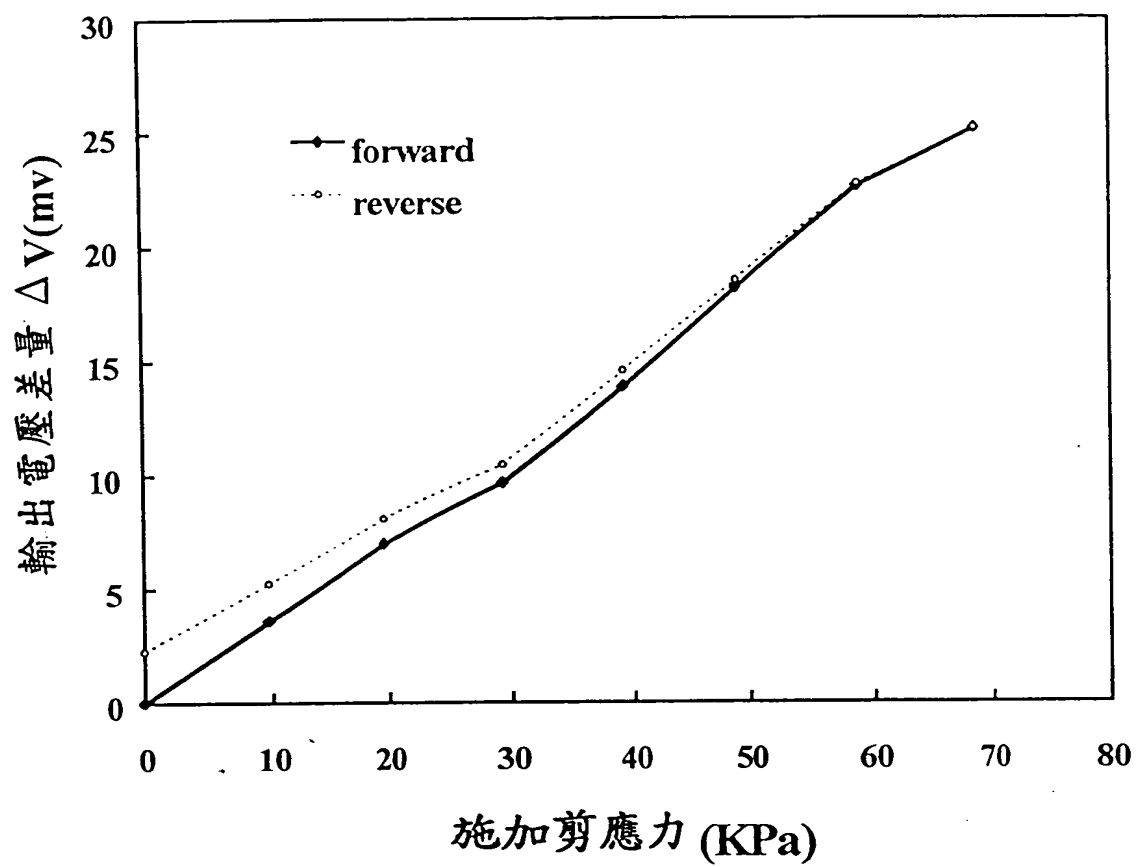


圖8